

ЦИФРОВОЙ ИНТЕГРАТОР МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ

И.А. Набунский, аспирант гр. А9-28

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: nabunskii@tpu.ru

В работе [1] было предложено измерение мгновенных значений потокосцеплений статора с помощью измерительных обмоток уложенных в пазы статора. Для этого необходимо проинтегрировать проекции вектора ЭДС измерительной системы $\vec{E}_{изм}$, снимаемых с двух измерительных обмоток, уложенных в пазы статора АД.

$$\vec{\psi}_s = \int \vec{E}_{изм} dt \quad (1)$$

При восстановлении сигнала потокосцепления статора АД по (1) возникает проблема неизвестных начальных условий интегрирования. В связи с этим будет неизбежно накапливаться систематическая ошибка интегрирования. Для решения этой проблемы с некоторой степенью приближения интегратор можно заменить апериодическим звеном первого порядка [2]. Недостатком данного метода является появление амплитудно-фазовых искажений в потокосцеплении при работе на низких частотах. Для решения данных проблем необходимо построить высококачественный цифровой интегратор.

В операторной форме записи передаточная функция интегратора выглядит следующим образом:

$$W(s) = \frac{k}{s} \quad (2)$$

где k - коэффициент передачи, в общем случае принимается равным 1.

Для того чтобы передаточная функция интегратора стала дискретной необходимо периодически «размножить» нули и полюса с периодом τ . В таком случае появляется большое количество нулей и полюсов, что не совсем практично. С целью упрощения анализа переходят из комплексной s -плоскости в комплексную z -плоскость. На данный момент известен и широко применяется метод Тастина [3]. При ограничении степенного ряда Тейлора первой степенью получаем эквивалентную подстановку, называемую билинейным преобразованием:

$$s = \frac{2}{\tau} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad (3)$$

Тогда передаточная функция интегратора будет выглядеть следующим образом:

$$W(z) = \frac{1}{\frac{2}{\tau} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}} = \frac{\tau}{2} \cdot \frac{1 + z^{-1}}{1 - z^{-1}} \quad (4)$$

Если мы попытаемся подать измеренный сигнал на полученный цифровой интегратор, то увидим, что шумовая составляющая отфильтрована, но в сигнале присутствует постоянная составляющая.

Для подавления постоянной составляющей добавим последовательно в структуру цифрового интегратора фильтр Баттерворта высоких частот второго порядка передаточная функция которого имеет вид [4]:

$$W(s) = \frac{s^2}{s^2 + s \cdot \omega_{cp} \cdot \sqrt{2} + \omega_{cp}^2} \quad (5)$$

где ω_{cp} - частота среза.

В (5) необходимо заменить s на (3). После всех преобразований получим структуру цифрового фильтра интегратора

Результат процедуры интегрирования с помощью предложенного цифрового фильтра интегратора представлен на рисунке 1.

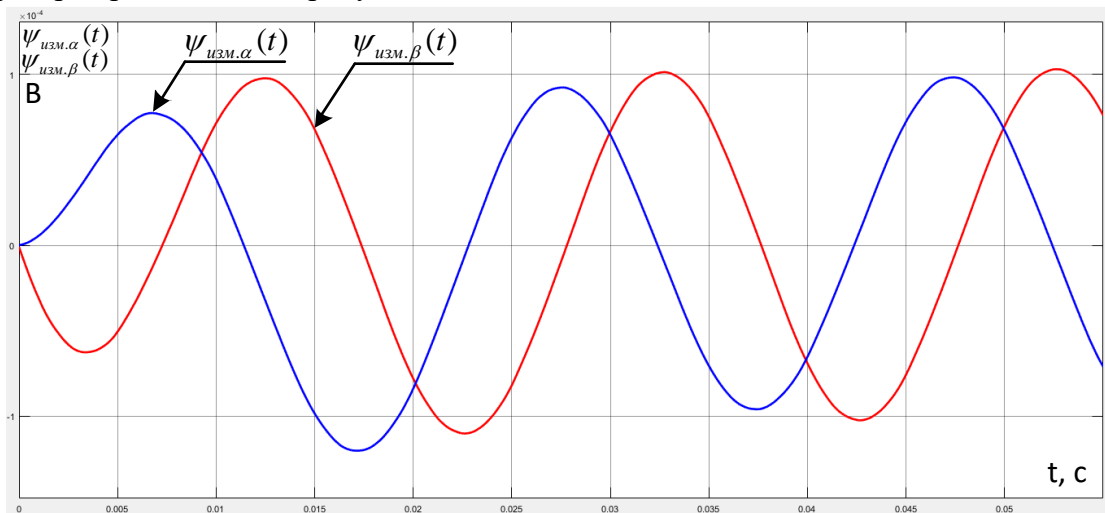


Рис. 1. Сигналы с измерительных обмоток проинтегрированные с помощью предложенного цифрового фильтра интегратора

Анализируя рисунок 1 можно сказать, что предложенный цифровой интегратор удаляет постоянную составляющую, отфильтровывает шумовую составляющую. Предложенный фильтр по своей структуре является БИХ-фильтром и обладает нелинейной фазочастотной характеристикой (ФЧХ) вследствие чего фаза сигнала искажена.

На основании косвенной информации о потокосцеплениях, получаемой по проекциям ЭДС $E_{изм.\alpha}(t)$ и $E_{изм.\beta}(t)$, снимаемым с измерительных обмоток, уложенных в пазы статора асинхронного двигателя, возможно восстанавливать проекции потокосцепления статора АД $\Psi_{изм.\alpha}(t)$ и $\Psi_{изм.\beta}(t)$ с помощью цифрового фильтра интегратора. При этом необходимо будет решить проблему построения цифрового фильтра с компенсацией задержки введенной БИХ фильтром высоких частот.

Список литературы:

1. Набунский И.А., Образцов К.В., Глазырин А.С., Раков И.В., Буньков Д.С. Измерение мгновенных значений магнитного поля в асинхронном двигателе с помощью измерительных обмоток // Современные технологии, экономика и образование: сборник научных II Всероссийской научно-методической конференции, Томск, 02–04 сентября 2020, С. 136-138.
2. Калачев Ю.Н. Наблюдатели состояния в векторном электроприводе. – М: МВТУ им. Баумана, 2015. – 60 с.
3. M. Korzonek, T. Orłowska-Kowalska and G. Tarchala, "Discrete realization of MRASCC estimator of induction motor speed using analogue emulation", IEEE International Symposium on Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion, pp. 914-919, 2018.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. - СПб: Питер, 2002. - 608 с.